



AOYONG ZHIWU ZHONGMIAO
FANYUGAILUN

卢宝伟 ○ 著

药用植物种苗繁育概论



中国海洋大学出版社

药用植物种苗 繁育概论

卢宝伟 ⊙ 著

桔梗花



中国海洋大学出版社
CHINA OCEAN UNIVERSITY PRESS

药用植物种苗繁育概论 / 卢宝伟著. -- 青岛 :
中国海洋大学出版社, 2018.5
ISBN 978-7-5670-1840-2

I . ①药… II . ①卢… III . 药用植物—苗木—繁育
IV . ① S567.03

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2018) 第 135033 号

药用植物种苗繁育概论

出版发行 中国海洋大学出版社
社 址 青岛市香港东路 23 号 邮政编码 266071
出 版 人 杨立敏
网 址 <http://www.ouc-press.com>
电子邮箱 2586345806@qq.com
责任编辑 矫恒鹏 电 话 0532-85902533
印 制 北京虎彩文化传播有限公司
版 次 2018 年 5 月第 1 版
印 次 2018 年 5 月第 1 次印刷
成品尺寸 170mm×240mm
印 张 18.75
字 数 350 千
印 数 1~1000
定 价 72.00 元
订购电话 0532-85902573

如发现印装质量问题, 请致电 18600843040, 由印刷厂负责调换。

前 言

“药材好，药才好”。优质中药材是保证中药有效、安全和稳定的物质基础，是中药现代化的一项非常重要的基础工作。但长期以来，我国中药材生产大都处于自然发展的状态，中药农业的研究基础十分薄弱，如药用植物遗传特性和良种选育、药用植物品质与产量形成机理及其调控、药用植物病虫害发生发展规律及其综合防治技术等方面的研究还相当落后，这些都严重影响了中药材质量，制约了中药材生产的发展。

随着我国中药现代化、国际化进程的不断推进，2002年6月1日，我国正式施行了《中药材生产质量管理规范（GAP）》，这标志着我国中药材生产已从传统的、自发式的落后状态向现代化、规范化的方向发展。其核心是保证中药材的质量，控制影响中药材质量的各种因子，规范中药材生产全过程。中药材质量受诸多因素制约，其中良种是关键因素，选育、繁育优质高产的药用植物良种是提高中药材质量的当务之急。利用现代遗传育种技术改良药用植物品种，使其向着优质、稳产方向发展是药用植物育种学的根本任务，同时也是实现药材优质、安全、稳定、可控生产目标的根本保证。因此，药用植物育种学无论是在药用植物研究还是在药材生产中都具有重要的地位。

由于《药用植物种苗繁育概论》研究内容广泛，具有较强的综合性和应用性，加之编者水平有限，书中不妥之处在所难免，敬请读者批评指正，以便今后进一步修改，使之日臻完善。

编 者

2018年7月

目 录

第一章 药用植物种子的生物学基础	1
第一节 种子的概念	1
第二节 药用植物种子的形态结构与分类	3
第三节 种子的主要成分	9
第四节 药用被子植物生殖器官的发育及结构	16
第二章 药用植物种子生理	32
第一节 药用植物种子的寿命	32
第二节 药用植物种子的萌发	38
第三节 药用植物种子的休眠	46
第四节 药用植物种子的处理	54
第三章 药用植物种子的采收与贮藏	63
第一节 药用植物种子的采收和调剂	63
第二节 药用植物种子的加工	67
第三节 药用植物种子的贮藏	77
第四节 药用植物种子的包装与运输	86
第四章 选择育种	89
第一节 选择的基本原理	90
第二节 选择方法	93
第三节 种源选择	100
第四节 有性繁殖药用植物的选择育种	105
第五节 无性植物药用植物的选择育种	107

第五章 杂交育种	115
第一节 亲本的选择与交配	115
第二节 杂交方式与杂交技术	119
第三节 杂交育种程序	125
第四节 回交育种	128
第五节 远缘杂交育种	132
第六章 倍性育种	140
第一节 植物的多倍性	140
第二节 多倍体育种	145
第三节 单倍体育种	155
第七章 诱变育种	162
第一节 诱变育种的特点	163
第二节 诱变因素的诱变机理及效应	164
第三节 诱变育种的选育程序	176
第四节 诱变育种与应用	178
第八章 品质育种	180
第一节 品质育种的意义和特点	180
第二节 药用植物品质性状的遗传与鉴定	184
第三节 药用植物优质品种的选育	191
第九章 组培微环境与规模化育苗设施环境调控的研究	194
第一节 光热因子对微环境的影响及其调控的研究	194
第二节 环境因子与组培苗相互作用的实验研究	196
第三节 规模化组培育苗综合环境调控设施的研制	197
第四节 基于设施与环境综合调控的大规模育苗生长实验	198
第十章 工厂化育苗生产运营关键技术与应用研究	199
第一节 基于小波变换与混合模型的种苗销售预测模型	199
第二节 分布式工厂生产条件下种苗生产系统最优生产计划研究	201

第三节 基于约束分解方法的种苗生产系统核心生产单元优化调度模型	203
第十一章 苗圃的建立与管理	205
第一节 苗圃的建立	205
第二节 苗圃规划设计	209
第三节 苗圃管理	216
第十二章 现代设施育苗	233
第一节 现代化智能温室的结构和功能	233
第二节 节水灌溉系统及配套设施	237
第三节 容器育苗	239
第四节 育苗辅助设备	247
第十三章 药用植物种苗出圃、包装、贮藏	249
第一节 种苗质量评价	249
第二节 起苗与分级	257
第三节 种苗包装和贮藏	261
第十四章 药用植物种子种苗的生产与经营管理	266
第一节 种子种苗标准化	267
第二节 药用植物种子种苗的生产与经营管理	273
参考文献	287



第一章 药用植物种子的生物学基础

从植物界世代交替的生理现象来看，种子植物具有很大的特点，即通常所见的植物体，从几厘米高的杂草至数十米高的林木都属于孢子体世代（无性世代）；而配子体世代（有性世代）则隐藏在花器内，肉眼不易见，其发育持续时间非常短暂。种子通常须经配子体所产生的雌雄配子的融合作用而形成，是有性过程的产物。但就种子本身而言，则是一个非常幼嫩的新孢子体，它将亲代的遗传特性传递给后代，起了承先启后的桥梁作用。

第一节 种子的概念

植物学、生物学、遗传学以及生产上所谓的种子，其意义不同。植物学上的种子，是指受精后的胚珠发育而成的繁殖器官，是植物有性过程的产物，种子的形成是显花植物的特点之一。生物学上的种子，是指具有生命的活的有机体，不断地进行呼吸代谢作用，在适宜条件下，能发育成新的植株个体。

遗传学上的种子，是指植物系统发育过程中保持生命连续性的物质基础，它包含生命有机体的各种遗传因子，能够保证植物不间断地生存繁衍，传宗接代。农业生产上的种子，则是指能作为播种材料的植物器官、组织等，是重要的生产资料。

一、狭义的种子概念

狭义的种子是指植物学上所说的种子，是指胚珠受精后发育而成的繁殖器官。其中，珠被发育为种皮，受精卵发育为胚，受精极核发育为胚乳。

二、广义的种子概念

从广义上说，种子具有广泛的含义。生产中的种子，是指一切可以被用作播种材料的植物器官，即不论植物的哪种器官或营养体的哪一部分，也不论它的形态构造是简单还是复杂，只要能繁殖后代和用来扩大再生产的播种、



扦插、栽植的材料，统称为种子。

药用植物种子基本上可分为以下三大类：

第一，真正的种子。这一类就是植物学上所说的种子，是由受精胚珠发育而成。如牡丹、贝母等栽培时所用的种子。

第二，有些“种子”实际上不是种子，而是植物学上所说的果实。其内部含有1粒或几粒种子，而外部则由子房壁或花器的其他部分发育而来。有些植物的果实成熟干燥以后不开裂，或其种子包在果皮之内，不易分离，直接用于播种。它们中有的在外部形态上和真正的种子不易区别，在栽培中常常用这种果实来播种。所以把这类果实亦称为“种子”。这种用种子或果实进行繁殖的方法称为有性繁殖。如牛蒡、红花、当归、防风等栽培时所用的“种子”。

第三，营养器官。有些药用植物的营养器官，或营养器官的变态，如块茎、鳞茎等，在栽培时也常常作为繁殖材料，在一定条件下能生出不定根，且能形成新植株，有时亦把它称为“种子”。但是它们与种子或果实，在本质上完全不同，它们属于营养器官，属于无性繁殖。例如，天麻的块茎、元胡的块茎、贝母的鳞茎和百合的鳞茎等。

近年来，出现了一种新的种子类型——人工种子。人工种子，也称合成种子、无性种子或人造种子，是以人工手段，将植物离体细胞产生的胚状体或其他组织等包裹在一层高分子物质组成的胶囊种皮内形成，使之具有类似植物自然种子的结构与功能，可直接播种。它不是由胚珠发育而成，而是由体细胞经组织培养诱导形成的胚状体，在结构上缺少种被和胚乳。在其表面包上胶囊，不仅起到了自然种子种被的保护作用和胚乳贮藏、供应各种养分的作用，还可赋予人工种子多种功能。如把控制休眠和生长的物质掺入胶囊中，人工种子就具有耐贮藏和旺盛的发根、生长能力；把有用微生物、除草剂及其他农药掺入胶囊中，可使其具有自然种子所不具备的优越性。

制造人工种子有两项关键技术：一是胚状体的诱导与形成；二是人工种皮的制作与装配。高质量的体细胞胚应当是形态上类似于天然合子胚，萌发出的幼苗既有根又有叶；产生的健壮植株在表型上应相似于亲本；耐干燥并能长期保存。目前能成功地大量产生胚状体的植物有100多个种。所配制的人工种皮应对胚无损伤，具有一定硬度，能保持分生组织生存所必需的水分和发芽及早期发育所需要的养分；胚状体萌发后不影响胚突破种皮和胚的生长。

我国从1987年开始“人工种子”的研制工作，并纳入国家高新技术发展计划。目前人工种子技术已开始应用于药用植物中，如在黄连、西洋参、白芨等植物上已获得成功。



第二节 药用植物种子的形态结构与分类

一、药用植物种子的形态结构

我国药用植物种类繁多，其种子形态差异较大。种子的形态和构造，是进行种子鉴定、净度检验、清选分级以及安全贮藏等的重要依据。

(一) 种子的形态

种子的大小、形状、色泽随植物种类的不同而异，这些形态和结构上的差别可作为种子识别的主要依据。通常种子的大小用种子的长、宽、厚或千粒重表示，而球形的种子则以直径来表示，椭圆形的种子以长度和直径来表示。不同植物种子大小差异亦较悬殊，较大种子有椰子、槟榔、银杏、桃等，较小的有菟丝子、葶苈子等，极小的有白芨、天麻等。种子大小不但在鉴别上有一定意义，而且在种子精选中亦有重要的意义。在农业生产上，通常以千粒重作为评价一种植物种子质量优劣的重要指标。

每种植物的种子都有一定的形状，如球形、椭圆形、肾形、卵形、圆锥形、多角形等。常见的有球形，如麦冬；扁圆形，如栀子；椭圆形，如芍药；扇椭圆形，如大豆；卵形，如荆芥；扁卵形，如贝母；纺锤形，如云木香；方形，如葫芦；三棱形，如虎杖；肾形，如膜荚黄苗；盾形，如葱等。

种皮细胞中经常含有各种色素，从而使种子外表呈现不同的颜色和斑纹，有的鲜明，有的暗淡，有的有斑纹，有的富有光泽。如绿豆为绿色，扁豆为白色，赤小豆为红紫色；薏苡为红棕色，相思子的一端为红色，另一端为黑色。有的种子表面平滑，具有光泽，如红蓼、北五味子；有的种子表面粗糙，如长春花、天南星；有的种子表面不光滑而具皱褶，如乌头、车前；有的种子表面密生瘤刺状突起，如孩儿参；有的种子表面具茸毛，称为种缨，如白前、萝藦、络石等；有的种子在种皮外尚有由珠柄或胎座部位的组织延伸而成的肉质假种皮，如龙眼、荔枝、卫矛等；有的呈较薄的膜质，常呈棕色、黄色，如阳春砂、白豆蔻、益智、红豆蔻；有些植物的外种皮在珠孔处由珠被扩展形成海绵状突起物，称种阜，如蓖麻、巴豆。

但是不同环境条件下的植物种子，其外部形态可出现较大差异。如某些地区（或年份）种子很饱满，而在另一些地区（或年份）的同一种植物的种



子，则比较小；若成熟期间阴雨连绵，则种子颜色暗淡，种子还未成熟便抢采掠青，则种子表现为种仁不饱满等。这些情况，在鉴别种子时应注意。

（二）种子的结构

种子外部形态虽千差万别，但绝大多数种子的内部构造却基本相同，一般是由种皮（有时包括果皮在内）、胚和胚乳三个主要部分组成。

1. 种皮

种皮是由珠被发育而成包在胚和胚乳外面的保护构造，具有保护种子不受外力和机械损伤以及阻碍病虫、微生物侵入的作用，种皮结构致密程度以及细胞内所含的化学物质（如单宁、色素和脱落酸等）都会在不同程度上影响种子与外界环境的关系，如种子的休眠、寿命、发芽以及加工、贮藏和调运等。通常种子只有1层种皮，如大豆、南瓜、竹类等；也有的种子为2层种皮，即外种皮和内种皮，如蓖麻、芥菜、芸苔等；还有些种子有3层种皮，即外种皮、中种皮和内种皮，如银杏等。种皮可以是干性的，如豆类，也可以是肉质的，如石榴种皮和银杏外种皮。种皮常由1种或数种组织构成。

在种子外面，通常可以看到胚珠的原始遗迹。

种孔：就是胚珠时期的珠孔。在受精前，花粉管经此孔伸入胚珠。种孔的位置正好对着种皮里面的胚根尖端，当种子发芽时，水分从种孔进入种子内，胚根细胞首先吸水膨胀，胚根延长从种孔伸出。有些种子的种孔肉眼看不见，可当种子吸涨以后用手挤压，水分则从此孔流出，即可观察清楚。

种脐：种子附着在胎座上的部分，是种子成熟后从珠柄上脱落时所留下的疤痕。种脐最明显的是豆科植物的种子，如刺槐、大豆等。

种脊：是倒生或半倒生胚珠从珠柄和珠被愈合处的维管束遗迹，主要作用是传递养分。种脊比较明显的种子如蓖麻等。

（1）表皮

位于种皮的最外层，通常由1列薄壁细胞组成。有的表皮细胞的细胞壁黏液质特化，吸水膨胀显出层纹、外具角质层，如亚麻子。而芥子、葶苈子的表皮细胞，外壁向外特化为黏液层，细胞中能见黏液质层纹。有的种皮表皮细胞中单独或成群地散列着石细胞，如杏仁、桃仁。有的种皮表皮全由石细胞组成，如大风子、北五味子。有的表皮部分细胞分化出单细胞腺毛，如牵牛子、苘麻子。有的表皮全部分化为单细胞非腺毛，细胞壁木化，如马钱子。有的种子表皮细胞呈栅状，如白扁豆、决明子。有的种子栅状表皮细胞含有1个草酸钙球状结晶体，如黑芝麻。有的种皮表皮细胞呈不规则波状凸起，细胞壁有透明状的纹理，如莨苳子。



(2) 栅状细胞层

有的植物种子，在表皮内侧，有栅栏细胞层，由1列或2~3列狭长细胞组成。有的其细胞内壁和侧壁增厚，如白芥子。有的在栅状细胞的外缘处，可见1条折光率较强的光带，光带又称亮线或亮纹，是栅栏细胞层中最不能渗透的区域，如牵牛子、菟丝子等。

(3) 油细胞层

有的种子的表皮层下方，由数列内贮挥发油的细胞组成，有时常与色素细胞相间排列在一起，如白豆蔻、红豆蔻、阳春砂、益智等。

(4) 色素层

有的种皮的表皮层含色素物质，使种子具不同颜色。有的种子在表皮层下方，具有1至数列薄壁细胞，内含色素组成色素细胞层，如枳椇子、川楝子等。

(5) 厚壁细胞层

除种子的表皮有时具石细胞之外，有时表皮内层几乎全由石细胞组成，如栝楼、中华栝楼、王瓜等；或内种皮为石细胞层，如白豆蔻、阳春砂、草果等。

(6) 维管束

种皮中有时可见到简单的维管束，维管束形小而构造简单。有的则不甚明显。

(7) 营养层

多数种子的种皮中，常有数列充满淀粉粒的薄壁细胞，为营养层，如牵牛子。但多数种子成熟后，营养物质被消耗，营养层往往成为薄的颓废组织。

2. 胚

胚是种子的主要部分，是由受精卵发育而成的幼小植物体。植物种类不同，其胚的形状各异，但其基本构造相同。种胚的形状及在种子中的位置因植物不同而异，根据其外部形态，可把种胚分为6种类型。

(1) 直立型

胚根、胚轴和子叶与种子纵轴平行。如菊科、柿科、葫芦科等植物的种子。

(2) 弯曲线

胚根、胚芽弯曲呈钩状。如豆科植物的种子。

(3) 螺旋型

子叶、胚根在种皮内盘旋呈螺旋状。如番茄、辣椒等茄果类植物的种子。

(4) 环状型

胚细长，沿种皮内层绕一周呈环状，胚根与子叶几乎相接，如菠菜种子。



(5) 折叠型

子叶大而薄，折叠多层填满于种皮内部，如棉花种子。

(6) 偏在型

胚体较小，子叶盾状，多位于胚乳的侧面或种背的基部，如稻、麦、玉米等禾本科植物种子。

不管胚属于哪种形状类型，种胚均可分为胚芽、胚轴、胚根和子叶等四部分。胚根是未发育的初生根，尖端有分生组织，种子吸水膨胀后，这些分生组织的细胞迅速生长和分化，发育成初生根。胚芽是幼小植株的生长点，由胚轴上端的生长圆锥突起和旁边的叶原基和腋芽原基组成，发育后即成为茎、叶。胚轴是在胚根以上的过渡部分。在种子发芽前大都不明显，位于子叶着生点以下，亦称下胚轴。有的植物种子萌发时，下胚轴迅速伸长，把子叶和胚芽顶出土面称为子叶出土植物，如棉花等；有的植物种子在萌发时，上胚轴伸展迅速，下胚轴几乎不伸展，子叶遗留在土中，称为子叶留土植物，如山杏等。

子叶是种胚的幼叶，起保护胚芽和贮藏并供给种胚营养的作用。子叶出土的种子，子叶还是幼苗最初期的同化器官，能进行光合作用。植物种类不同，其子叶数不同，单子叶植物为1枚子叶，双子叶植物为2枚子叶，裸子植物子叶数不固定，如侧柏、杉木等为2片子叶，油松、红松、樟子松、落叶松、马尾松等为多片子叶（一般为7~11片）。

通常每粒种子只有一胚，但有时发现一粒种子含有二胚或多胚，这种现象称为多胚现象。多胚现象多发生在松类、柑橘类植物中。另外，有时发现种子外形正常，而内部却没有胚，称为无胚现象，是由于卵细胞未能受精，或受精以后在发育过程中受到某些不良条件的影响而使种胚没有发育的结果。

3. 胚乳

胚乳是由珠心层或受精的极核发育而成的。主要由薄壁细胞或厚壁性细胞组成，细胞呈等径的多面体。薄壁细胞的胞壁均由纤维素构成，厚壁性细胞的胞壁由纤维素及半纤维素构成，而且在壁上具明显的微细纹孔，新鲜时尚见到胞间联丝。胚乳细胞常含有大量的淀粉粒、糊粉粒、脂肪油等营养物质。位于种皮的中层及内层、胚乳细胞层的外侧，常有数列贮有淀粉粒及其他营养物质的薄壁细胞，称为营养层。在种子发育过程中，细胞内的淀粉被消耗，故种子成熟时，营养层往往成为扁缩而退化的薄层，如牵牛子。大多数种子具内胚乳。在无胚乳种子中，也可见到少量残留的内胚乳细胞，如杏仁。胚乳细胞中有时在糊粉粒内具草酸钙的小簇晶，如小茴香。少数种子具外胚乳，也有少数种子的种皮内层和外胚乳常插入内胚乳中形成错入组织，



如槟榔。还有少数种子的外胚乳内层细胞向内转入，与白色的内胚乳交错形成错入组织，如肉豆蔻。单子叶植物的胚乳外层有明显的含有大量糊粉粒的糊粉层存在，如小麦、玉米等。

由珠心层发育而成的贮藏营养物质的结构称为外胚乳，位于极核受精所发育的胚乳的外侧。胚乳的主要作用是贮藏营养，供种胚发育时吸收利用。有的胚乳在种子发育过程中就被种胚吸收殆尽，因此成为无胚乳种子，如山杏等。

二、药用植物种子的分类

(一) 按照有无胚乳

可以将种子分为2类。

1. 有胚乳种子

此类种子均具胚乳，根据胚乳和子叶的发达程度以及胚乳组织的来源，又可分为以下3种类型。

(1) 内胚乳发达。在有些植物中，胚只占据种子的一小部分，其余大部分为内胚乳。这类植物很多，如禾本科、大戟科、茄科、伞形科等植物的种子。

(2) 内胚乳和外胚乳同时存在。这类植物很少，如花椒、姜等。

(3) 外胚乳发达。这类植物在胚的形成过程中消耗所有的内胚乳，但由珠心层发育而成的外胚乳却被保留下来，如藜科等。

2. 无胚乳种子

在种子发育过程中，营养物质转移到子叶中，因此，这类植物种子的胚较大，有发达的子叶，其内胚乳和外胚乳几乎不存在，只有内胚乳及珠心残留下来的1~2层细胞，其余部分完全被成长的胚所吸收。如十字花科、豆科、葫芦科、锦葵科、菊科等都属于这一类型。也有植物种子内毫无胚乳的残留，如眼子菜科（其营养物质集中贮藏在下胚轴内）。

(二) 按照组成部分分类

可以将主要科别种子分为5个类型。

从植物形态学来看，种子往往包括种子以外的许多构成部分，而同科植物的种子常具有共同特点。

1. 包括果皮及其外部的附属物

禾本科 (Gramineae): 颖果，外部包有颖（即内外颖，有的还包括护颖），如稻、大麦、燕麦、黍等。

藜科 (Chenopodiaceae): 胞果，外部附着花被及苞叶，如甜菜、菠菜。

蓼科 (Polygonaceae): 瘦果，花尊不脱落，成担状或肉质，附着在果实



基部，称为宿萼，如荞麦、大黄。

2. 包括果实的全部棕榈科 (Falmaceae) (如椰子)

蔷薇科 (Rosaceae): 如草莓。

豆科 (Leguminosa): 如黄花苜蓿。

桑科 (Moraceae): 如大麻。

荨麻科 (Urticaceae): 如芒麻。

山毛榉科 (Fagaceae): 如板栗、麻栎、槲栎等。

伞形科 (Umbellifeme): 如胡萝卜、芹菜、茴香、当归、羌萎等。

菊科 (Compositae): 如向日葵、蒲公英、苍耳等。

睡莲科 (Nymphaeaceae): 如莲。

3. 包括种子及果实的一部分 (主要是内果皮)

蔷薇科 (Rosaceae): 如桃、李、梅、杏、樱桃。

桑科 (Moraceae): 如桑。

杨梅科 (Myricaceae): 如杨梅。

胡桃科 (Juglandaceae): 如胡桃、山核桃。

鼠李科 (Rhamnaceae): 如枣。

五加科 (Araliaceae): 如人参、五加。

4. 包括种子的全部

石蒜科 (Amaryllidaceae): 如石蒜。

榛科 (Lauraceae): 如榛。

山茶科 (Theaceac): 如茶、油茶。

椴树科 (Tiliaceae): 如黄麻。

锦葵科 (Malvaceae): 如洋麻、苘麻。

番瓜树科 (Caricnceae): 如番木瓜。

葫芦科 (Cucurbitaceae): 如南瓜、冬瓜、苦瓜等。

十字花科 (Cruciferae): 如油菜、芥、荠菜等。

苋科 (Amaranthaceae): 如苋菜。

蔷薇科 (Rosaceae): 如苹果、梨、蔷薇等。

豆科 (Leguminosa): 如大豆、猪屎豆、紫云英。

亚麻科 (Linaceae): 如亚麻。

芸香科 (Rutaceae): 如柑、橘、柚、金橘、柠檬。

无患子科 (Sapindacea): 如龙眼、荔枝、无患子。

漆树科 (Anacardiaceae): 如漆树。

大戟科 (Euphorbiaceae): 如蓖麻、橡皮树、油桐、巴豆、木薯。



葡萄科 (Vitaceae): 如葡萄。

柿树科 (Ebenaceae): 如柿。

旋花科 (Convolvulaceae): 如甘薯。

茄科 (Solanaceae): 如茄、烟草、番茄、辣椒。

胡麻科 (Pedaliaceae): 如芝麻。

茜草科 (Rubiaceae): 如梔子。

松科 (Pinaceae): 如马尾松、杉、落叶松、赤松。

5. 包括种子的主要部分 (种皮的外层已脱去)

银杏科 (Ginkgoaceae): 如银杏。

第三节 种子的主要成分

种子的成分非常复杂, 其中最主要的是水分、糖类、脂肪、蛋白质, 此外还有少量的维生素、矿物质、生长素、单宁、色素和各种酶等。这些物质是种子萌发和幼苗生长初期所必需的养料和能量, 对种子的生理机能发生重大影响。种子内部的贮藏物质、贮藏物质的性质及其在种子中的分布状况, 又会影响种子的生理特性、耐贮性和加工品质。种子化学成分的复杂性不仅表现为种类繁多, 而且各种不同成分的含量, 受气候、土壤及栽培条件影响变化很大。因此, 了解种子成分, 对于合理采种、加工、贮藏以及运输等均具有重要意义。

一、水

水分是种子细胞内部新陈代谢作用不可缺少的介质。在种子成熟、后熟和贮藏期间, 种子物理性质、生化过程的变化和水分的状态及含量有密切关系。种子中的水分有 2 种状态, 一种是游离水 (自由水), 另一种是胶体结合水 (束缚水)。前者具有一般水的性质, 可作为溶剂, 0℃能结冰, 容易从种子中蒸发出来; 而后者则牢固地和种子中的亲水胶体 (主要是蛋白质、糖类及磷脂等) 结合在一起, 不容易蒸发出来, 不具溶剂的性能, 低温时不会结冰, 并具有另一种折光率。

种子内部一系列生命活动, 必须在游离水存在的状况下才能进行。当种子水分减少至不存在游离水时, 种子内的酶首先是水解酶就成为不活动状态, 种子的新陈代谢降低到很微弱程度, 以至不易觉察出它是一种有生命的物质。当游离水出现以后, 酶就由不活动状态转变为活动状态, 这个转折点因植物种类而不同。在一定温度条件下, 一般种子中出现游离水以后, 种子不耐贮藏。



种子含水量不同时，其生命活动的强度和特点有明显差异，安全贮藏也受到影响。种子水分又是仓虫活动和繁殖的重要条件，当种子水分达到8%~9%，一般仓虫开始活动和繁殖。种子水分占18%~20%时，贮藏种子将会“发热”；而当种子水分占40%~60%时，种子会发生发芽现象。

种子水分随着吸附与解吸过程而变化。在吸附过程占优势时，种子水分会增加；当解吸过程占优势时，种子水分则降低。如果将种子放在固定不变的温、湿度条件下，经过相当时间后，种子水分基本上稳定，保持在一定水平，即达到平衡状态，此时种子对水气的吸附和解吸作用以同等速率进行，此时的种子含水量就称为该条件下的平衡水分。种子的平衡水分因植物、品种及环境条件不同而有显著差异。其影响因素包括大气湿度、温度以及种子化学成分的亲水性等。

（一）湿度

在一定温度条件下，大气中相对湿度越高，种子水分含量也越高。有些资料指出，麦粒在水汽饱和的大气下，不接触水也能吸足萌发时所需的水分。相对湿度越高，种子的平衡水分亦随之增长。在相对湿度0~25%，平衡水分随湿度提高而急剧增长；在相对湿度25%~70%，平衡水分随湿度提高而缓慢地增长；而在相对湿度70%~100%时，平衡水分又随湿度提高而急剧增长。因此在相对湿度70%~100%时，要特别注意种子的吸湿回潮问题。空气的相对湿度在一昼夜和一年四季内都在发生变化，清晨收获的种子易受到露点的高湿度影响。

（二）温度

在同样的相对湿度下，气温越低，则种子水分越高，反之则越低。因为空气中水汽的绝对含量，虽因低温而减少，但空气的保湿量也减少，从而使种子水分增加。

（三）种子化学物质的亲水性

亲水性是由于种子化学物质的分子组成中含有大量的亲水基所致。蛋白质分子中含有两种极性基，亲水性最强。脂肪的分子结构中不含极性基，所以表现疏水性。因此，一般蛋白质丰富的种子吸水力特别强，而油分多的种子则相反。种子的平衡水分，对种子的生理代谢和贮藏安全性具有重大意义。在某种环境条件下，如能保持种子的平衡水分在安全贮藏要求的水平以下，则可保证种子长期稳定，具有较强的发芽力和生活力；如果种子贮藏在较高的平衡水分条件下，则种子内部可能出现自由水，会引起微生物、仓虫的活动和繁殖，并导致种子变质。因此，控制种子的含水量是安全贮藏种子的重要措施之一。